

**Е.В. ТВЕРДОХЛЕБ**, НТУ«ХПИ»;

**Г.А. АВРУНИН**, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ИЗМЕНЕНИЯ РАБОЧЕГО ОБЪЕМА ГИДРОМАШИН**

Наведений аналіз характеристик регуляторів зміни робочого об'єму гідромашин, використовуваних в будівельно-дорожній техніці.

Characteristics of the control device variable displacement hydraulic machines building and road machines are shown.

### **Введение.**

Объемный гидропривод с машинным управлением характеризуется управлением параметрами движения выходного звена регулируемым насосом или регулируемым гидромотором или обеими объемными гидромашинами [1]. Изменение рабочего объема гидромашин обеспечивается с помощью регуляторов различного принципа действия, воздействующих на регулируемый орган насоса или гидромотора (наклонный диск или наклонный блок цилиндров в аксиальнопоршневых или эксцентриситет в радиальнопоршневых гидромашинах).

Регулирование рабочего объема гидромашин позволяет:

1) обеспечить требуемую частоту вращения гидромотора с существенно более низкими потерями мощности по сравнению с дроссельным способом регулирования скорости;

2) расширить верхний диапазон частоты вращения гидромотора с регулируемым рабочим объемом без повышения установочной мощности насоса и приводящего двигателя.

3) адаптировать работу насоса к режиму обеспечения постоянства мощности на выходном валу гидрофицированной машины;

4) обеспечить режим энергосбережения при работе гидропривода с дроссельным способом регулирования скорости.

Представляет интерес анализ современного технического уровня регуляторов гидромашин с точки зрения возможности использования в объемных гидроприводах отечественных строительно-дорожных машинах.

### **Основная часть.**

Современная классификация регуляторов включает 24 типа [2], отличающихся функциональным назначением и способом воздействия на регулятор гидромашины – ручное, гидравлическое или электрическое управление, в том числе с помощью пропорциональных электромагнитов:

1) автоматические регуляторы, обеспечивающие режим работы гидропривода без вмешательства со стороны оператора или другого внешнего устройства. К таким регуляторам относятся системы обеспечения режима постоянства мощности и давления, входящие в комплект поставки насоса в виде встраиваемых в него агрегатов;

2) регуляторы изменения рабочего объема путем воздействия на них управляющего сигнала со стороны оператора. К таким регуляторам относятся системы ручного (мускульного) управления, гидравлического, электрического (с приводом от электродвигателя) и электрогидравлического дискретного или пропорционального дистанционного управления. В основе конструкций регуляторов лежит следящий золотник с механической (жесткой) обратной связью, с помощью которого рабочая жидкость (РЖ) подается в полости гидроцилиндра перемещения регулируемого органа гидромашины;

3) регуляторы электрогидравлического типа с пропорциональным управлением и датчиками обратной связи выходного сигнала, реализующие с помощью электронного блока заданные режимы работы гидропривода.

Наиболее широкую номенклатуру регуляторов изменения рабочего объема аксиальнопоршневых насосов производят ведущие западноевропейские и американские корпорации «Rexroth Bosch Group» («Hydromatic Brueninghaus Hydraulic»), «Parker Hydraulics» и «Sauer Danfoss».

В зависимости от типа регулятора обеспечивается соответствующий закон изменения частоты вращения гидромотора. Так, для регуляторов следящего принципа действия (с механической обратной связью), обеспечивается следующая зависимость для подачи насоса, близкая к линейной [3]:

$$Q_{H,i} = 10^{-3} V_{PH,i} \cdot n_H = 10^{-3} V_{PH} \frac{x-a}{b-a} \cdot n_H, \text{ л/мин}, \quad (1)$$

где  $V_{PH}$  – максимальное значение рабочего объема насоса, см<sup>3</sup>;

$V_{PH,i}$  – текущее значение рабочего объема насоса, см<sup>3</sup>;

$a...b$  – зона управляющего электрического сигнала на следящий золотник регулятора насоса;

$x$  – управляющее воздействие в диапазоне от  $a$  до  $b$  (диапазон от 0 до  $\pm a$  является зоной нечувствительности);

$n_H$  – частота вращения насоса, мин<sup>-1</sup>.

Частота вращения гидромотора изменяется пропорционально подводимому от насоса расходу РЖ

$$n_{M,i} = n_H \frac{V_{PH,i}}{V_{PM}} \eta_{OH} \eta_{OM} = n_H \frac{V_{PH}}{V_{PM}} \frac{x-a}{b-a} \eta_{OH} \eta_{OM}, \text{ мин}^{-1} \quad (2)$$

где  $V_{PM}$  – рабочий объем гидромотора, см<sup>3</sup>;

$\eta_{OH}$  и  $\eta_{OM}$  – объемный КПД насоса и гидромотора соответственно.

При экстремальных значениях  $x=a$  и  $x=b$  получаем нулевую и максимальную частоты вращения гидромотора:

$$n_{M,i} = 0 \text{ при } x = a \text{ и } n_{M \max} = n_H \cdot \frac{V_{PH}}{V_{PM}} \cdot \eta_{OH} \cdot \eta_{OM} \text{ при } x = b. \quad (3)$$

Регулятор «постоянства давления» наиболее полно отвечает требованиям энергосбережения, так как автоматически минимизирует затрачиваемую насосом мощность в период пауз работы технологического оборудования и нашел широкое применение в гидроприводах с дросселирующими управляющими гидрораспределителями (сервоклапанами). Снижение потерь мощности как результат эффективности энергосбережения при использовании регулятора типа «постоянства давления» определяют по формуле:

$$\Delta P = \frac{p}{60} \left( \frac{Q_{\max}}{\eta_{\max}} - \frac{Q_{\min}}{\eta_{\min}} \right), \text{ кВт}, \quad (4)$$

где  $Q_{\max}$  – теоретическая подача насоса с постоянным рабочим объемом, л/мин;

$Q_{\min}$  – теоретическая подача насоса с регулируемым рабочим объемом на режиме срабатывания регулятора, л/мин;

$\eta_{\max}$  – общий КПД насоса с постоянным рабочим объемом;

$\eta_{\min}$  – общий КПД насоса на режиме срабатывания регулятора;

$p$  – давление нагнетания насоса (принимается постоянным для регулируемого и нерегулируемого режимов), МПа.

Насосы с регуляторами постоянства давления широко применяются в объемных гидроприводах станков с числовым программным управлением (ЧПУ), в кузнечно-прессовом оборудовании и авиации. В последнее время наметилась тенденция использования насосов с регуляторами постоянства давления в объемных гидроприводах технологического оборудования сельскохозяйственных и строительно-дорожных машин.

Характеристика автоматического регулятора типа «постоянства мощности» может быть записана в виде теоретического равенства (без учета потерь мощности в гидромашинах, трубопроводах и гидроаппаратуре):

$$P_H = \frac{Q_H \cdot p_H}{60} = P_M = \frac{M_M \cdot n_M}{9550}, \text{ кВт}, \quad (5)$$

где  $P_H$  и  $P_M$  – мощность насоса и гидромотора, соответственно, кВт;

$Q_H$  – подача насоса, л/мин;

$p_H$  – давление, развиваемое насосом, МПа;

$M_M$  – теоретический крутящий момент, развиваемый гидромотором, который определяют по формуле:

$$M_M = 0,159 \cdot V_{рм} \cdot \Delta p, \text{ Н.м}, \quad (6)$$

где  $V_{рм}$  – рабочий объем гидромотора, см<sup>3</sup>;

$\Delta p$  – перепад давлений, МПа;

$n_M$  – частота вращения гидромотора, мин<sup>-1</sup>.

Наиболее экономичным является объемный гидропривод с машиннодрессельным регулированием типа  $LS$ , в котором регулятор рабочего объема насоса обеспечивает минимизацию расхода и давления [4].

### **Выводы.**

Широкий ассортимент регуляторов изменения регулирования рабочего объема гидромашин, выпускаемых передовыми зарубежными фирмами, позволяет повысить технический уровень отечественных мобильных машин путем автоматизации управления и реализации режимов энергосбережения.

**Список литературы:** 1. ДСТУ 3455.1-96. Гидроприводы объемные и пневмоприводы. Часть 1. Общие понятия. Термины и определения. 2. *Свешников В.К.* Обзор Российского рынка гидрооборудования. Насосы // Приводная техника. – 1997. № 5 (сент.–окт.). – С. 3–9. 3. *Аврунин Г.А., Грицай И.В., Кириченко И.Г., Мороз И.И., Щербак О.В.* Объемный гидропривод и гидропневмоавтоматика: Учебное пособие. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 412 с. 4. *Бондарь В.А.* Система Load – Sensing в сельскохозяйственной технике // Вибрации в технике и технологиях. – Винницкий государственный аграрный университет. – 2003. № 4(30). – С. 19–26.

*Поступила в редколлегию 02.05.2011*